第32卷 第4期 昆虫学报 Vol. 32, No. 4
1989年11月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1989

改变人工饲料组分对七星瓢虫幼虫生长发育的影响*

陈志辉 钦俊德 申春玲**
(中国科学院动物研究所，北京)

摘要 改变人工饲料的含氮物质和脂类以及温度对七星瓢虫幼虫生长发育有明显影响。幼虫取食含有脂类物质的饲料时，化蛹率可达90%左右，生长历期明显缩短，成活率增加；食物中缺乏某些脂肪酸对幼虫生长发育不利，其中亚麻酸和油酸是必需的因素。据测定人工饲料中的游离氨基酸含量低于蚜虫中的水平，而蛋白质水解氨基酸的含量则较蚜虫中高。饲料中加入酵母水解物使幼虫生长加快，体重显著增加。幼虫在28℃时成活率和化蛹率均较在其他温度高，此时幼虫的取食和食物利用加强。幼虫取食改进的饲料时除体重外，在生长期、成活率、化蛹率都接近取食蚜虫时的水平。

关键词 七星瓢虫 人工饲料 幼虫发育 营养 温度效应

捕食性瓢虫幼虫期人工饲料的研究迄今获得成功的报道不多。Atallah (1966) 研究了瓢虫 *Coleomegilla maculata* De Geer 的人工饲料，成功地连续饲养了8个世代，饲料由酪蛋白、蔗糖、酵母等 15 种成分组成，但这种人工饲料不能培育九星瓢虫 *Coccinella novemnotata* 等其它四种瓢虫。Okada 等 (1977) 用雄蜂蛹饲养异色瓢虫 *Harmonia axyridis*，其后采用真空干燥制成粉剂饲养可达16代，但从卵到成虫期间的平均成活率仅4.4—23.8%；这种饲料对七星瓢虫无法培育出第二代。Matsuka (1972、1977、1980) 曾用雄蜂蛹粉饲养多种瓢虫均未成功，并认为雄蜂蛹中钾离子对异色瓢虫是不可缺少的成分。三浦等(1973)曾利用斜纹夜蛾、天蛾等鳞翅目幼虫和蛹制成粉末饲养红点唇瓢虫 *Chilocorus kuwanae*，与正常食物相比幼虫期和蛹期延长 1.3—1.8 倍。Chu, Y. I. 等 (1976)使用猪肝、蔗糖和夜蛾幼虫等配制的人工饲料饲养赤星瓢虫 *Lemnia swinhoei* 和六星瓢虫 *Menochilus sexmaculatus*，以赤星瓢虫效果较好，但幼虫、成虫生长期延长 2 倍以上，成活率仅为 15%。Keike Niijima (1979) 用雄蜂蛹干粉饲养素鞘瓢虫 *Illeis koebelei* 等三种瓢虫，但仍然存在着体重轻、生长历期延长等缺点。

自 1976 年以来，陈志辉等 (1980、1981、1982、1984) 研究七星瓢虫成虫 *Coccinella septempunctata* 的营养需要之后，对其人工饲料进行了一系列改进，并于 1982 年首次使其产卵百分率、产卵前期、体重等达到取食蚜虫时的水平(陈志辉等 1984)。但是，使用这种饲料培育幼虫则生长历期延长，体重轻、各龄幼虫死亡率高，化蛹率低。这显示幼虫在营养需要或取食行为上与成虫不同。本文在测定人工饲料和天然饲料的氨基酸和脂

本文于 1987 年 7 月收到。
* 工作中曾得到范学孔同志的支持，谨此致谢。
** 现工作在河南省安阳农林局。

类物质含量的基础上比较改变这些成分和温度对幼虫生长发育的影响，并探讨这些因素的作用特点。

材料与方法

实验材料 卵由早春采自河南安阳地区小麦和油菜地的越冬代和第一代成虫在室内用蚜虫饲养所产。选用同一天所产卵块、孵化整齐的幼虫作试验。

人工饲料的配制及其成分 基础人工饲料的配制见陈志辉等(1984)。亚麻酸、亚油酸系 Fluka 公司产品；油酸、三油酸甘油酯、棕榈酸、硬脂酸均为上海化工厂产品。使用植物油、蔗糖均系市场出售，其中橄榄油为北京化工厂产品(化学纯)；酵母粉是北京医药公司药品加工制剂厂产品，酵母水解物是 Difco 公司产品；酪蛋白及其水解物是 Sigma 公司产品。

试验条件 幼虫饲育在 24 小时光照、温度 28℃±0.5、相对湿度 60—80% 的条件下。幼虫单独饲养在直径 4.5 毫米、两头通的纸筒中，两端以纱布蒙住，内盛水碗和人工饲料。人工饲料置放于小塑料片上，每日更换二次。不同温度试验使用的温箱用控温仪控制温度，温度变幅为 ±0.5℃。幼虫饲育工具用紫外灯消毒。

氨基酸测定 蚜虫和人工饲料的氨基酸样品提取、制备方法见陈志辉等(1981)，使用日本日立 835-50 型氨基酸分析仪进行氨基酸测定。

试验结果

一、不同人工饲料对幼虫生长发育的影响

表 1 列出初孵幼虫取食以猪肝、蔗糖为主体的 A、B 两组人工饲料、幼虫历期天数分别为 20.4±2.05(A)； 21.8±1.64(B)，同取食蚜虫相比，各个龄期历期分别延长 1 倍左右，整个幼虫期历期延长 10 天以上。这表明幼虫对此种饲料取食量低，或饲料某些成分含量不足或处于不平衡状态。当在饲料 B 中添加一定量的酵母粉和某些植物油时，幼虫期缩短一周左右。取食这种饲料 (C) 发育的成虫体重也略有增加(见表 1)。如果在此基础上添加 4.8% 的酵母水解物 (D) 时，各个虫龄历期进一步缩短，同取食蚜虫时接近。添加酵母水解物主要是增加了幼虫饲料中的游离氨基酸含量。试验的结果还表明，在饲料 B 的基础上加入酵母粉后虽能使幼虫发育成的成虫体重略有增加，但是，酵母的含量若成倍增加，幼虫的成活率明显降低，羽化的成虫体重并不增加。只有添加了酵母水解物后幼虫的历期才能进一步缩短，成虫体重较前者明显增加。但这些成虫的体重同取食蚜虫时相比，尚有一定的差距。

从图 1 所示的幼虫取食人工饲料和蚜虫的成活率来看，取食 A 和 B 组饲料的幼虫前期 (1—2 龄)成活率一般在 95% 以上，但 3—4 龄死亡率明显地增加，最终的化蛹率仅 30—40%，而取食 C 和 D 组饲料时，不但 1—2 龄幼虫成活率高，而且 3—4 龄幼虫成活率亦达 90% 以上。

综上所述，在基础人工饲料中添加了酵母、植物油及酵母水解物后其营养效果改善，幼虫取食这种饲料除体重增加外，生长期、成活率、化蛹率都接近蚜虫的水平。

二、影响幼虫生长发育的因素

表 1　不同人工饲料对七星瓢虫幼虫生长发育的影响

饲料种类	供试虫数(头)	龄期(天)				幼虫历期(天)	羽化后成虫体重(毫克)
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄		
猪肝:蔗糖:蜂蜜 5:1:1 (A)	80	3.3±0.59	4.7±0.86	5.7±0.78	6.7±0.99	20.4±2.05	12.55±2.59
猪肝:蔗糖 5:2 (B)	50	4.9±0.91	4.8±0.71	5.2±0.89	6.7±1.07	21.8±1.64	11.85±1.95
B + 12.5% 酵母 + 0.1%橄榄油+1%豆油 (C)	102	3.0±0.72	2.9±0.70	3.3±0.59	4.5±0.96	13.2±1.69	18.10±3.17
C + 4.8% 酵母水解物(D)	65	2.2±0.42	2.3±0.44	2.9±0.58	4.3±0.74	11.8±1.40	22.44±3.17
蚜　虫	140	2.1±0.22	1.7±0.40	2.1±0.31	3.5±0.73	9.5±1.41	31.04±4.00

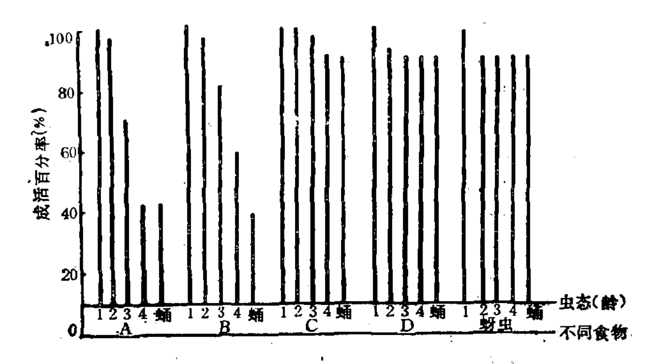


图 1　不同人工饲料对七星瓢虫幼虫成活率的影响

1. 饲料中的氨基酸　表 2 列举了人工饲料和桃蚜的氨基酸组成和含量的测定结果。从表中可以看到，除甘氨酸外，桃蚜所含各种游离氨基酸量均较人工饲料的含量高，从单位重量样品所测定的18种氨基酸含量来看，桃蚜的游离氨基酸总量要较人工饲料高 1 倍多，其中以精氨酸、谷氨酸、酪氨酸含量差异最显著。而两者单位重量样品蛋白氨基酸含量则相反，每克人工饲料的蛋白样品水解后氨基酸含量明显地高于天然食物的水平。从表 4 两种饲料蛋白质和脂类总量得知，人工饲料所含蛋白质总量要较天然食物的高，但未改进的人工饲料饲育幼虫的营养效果都远不如天然食物的效果，主要是由于取食量少并且对这种蛋白质的吸收、利用差。这种定性和定量的关系值得进一步研究。

在氨基酸测定过程中也观察到蚜虫游离氨基酸提取液中含有许多脂类物质，故提取的样品要进行去脂处理，而人工饲料提取液中则没有见到漂浮的脂类。表 3 表明天然饲料中脂类物质要比人工饲料高出 4 倍多。

2. 添加含氮物质的影响　七星瓢虫天然食物和人工饲料的氨基酸分析结果表明，人工饲料的游离氨基酸含量明显地低于天然食物的水平。依据这项分析结果，使用了几种蛋白水解物对人工饲料中游离氨基酸进行了增补，同时也添加非水解的含氮物来观察它们对幼虫生长发育的作用。从表 4 的结果可以看到，如果基础饲料中添加 4.8%的酵母后能促进幼虫的生长发育，取食这种饲料的幼虫生长期较对照组缩短 6÷7 天左右，由这种

表 2　七星瓢虫天然饲料与人工饲料氨基酸含量的比较

氨基酸	游离氨基酸(毫克/克)			蛋白水解氨基酸（毫克/克）		
	天然饲料 a （桃蚜）	人工饲料 b （基础饲料）	a-b	天然饲料 a （桃蚜）	人工饲料 b （基础饲料）	a-b
天冬氨酸	0.2190	0.2122	+	48.15	63.45	–
苏氨酸*	0.6396	0.2241	+	21.40	31.35	–
丝氨酸	0.4419	0.3126	+	22.55	30.25	–
谷氨酸	2.0969	0.5901	+	55.80	87.10	–
甘氨酸	0.2183	0.5359	–	20.00	31.75	–
丙氨酸	0.6911	0.4720	+	23.75	38.05	–
半胱氨酸	0.3402	0.0827	+			
缬氨酸*	0.4790	0.1785	+	30.05	40.60	–
甲硫氨酸*	0.1406	0.0609	+	5.50	10.25	–
异亮氨酸*	0.3594	0.1132	+	24.80	30.85	–
亮氨酸*	0.3169	0.2276	+	37.30	63.75	–
酪氨酸	1.0161	0.1597	+	21.20	29.25	–
苯丙氨酸*	0.2374	0.1004	+	22.95	36.85	–
赖氨酸*	0.6396	0.2833	+	39.60	48.40	–
氨	0.2629	0.0591	+	10.40	13.05	–
组氨酸*	0.3446	0.1048	+	10.10	17.35	–
精氨酸*	0.8982	0.1785	+	31.70	51.00	–
脯氨酸	0.6974	0.1482	+	12.80	29.45	–
色氨酸*	0.0941	0.0437	+			
必需/非必需 总量	4.1494/5.5809 9.9923	1.515/2.5138 4.0879		223.4/214.65 438.05	330.4/322.35 652.75	

* 为必需氨基酸，其他为非必需氨基酸。

表 3　七星瓢虫的天然饲料和人工饲料蛋白、脂类含量

饲料种类	总蛋白含量%	脂肪含量%
天然饲料	27.96	28.72
人工饲料	36.76	6.59

（引自七星瓢虫的利用，1979）

幼虫发育的成虫体重比对照组增加约 5 毫克左右，特别是化蛹率较对照组提高一倍以上。虽然在基础饲料中添加酵母后对幼虫有较好的营养效应，幼虫的生长历期缩短，化蛹率明显增加，但是它的体重同取食天然食物水平相比，仅为后者体重的一半。但是在人工饲料 A 中添加其他一些不同含氮物，如鸡蛋黄、酪蛋白、猪血蛋白水解物时，对幼虫生长发育、成活、体重等方面的作用亦不明显，而添加酪蛋白水解物、酵母水解物后却能使幼虫生长期继续缩短，同时取食这种人工饲料的幼虫长成的成虫平均体重能增加到 22 毫克左右，其中以添加酵母水解物的营养效应最好。这表明增加了人工饲料中的游离氨基酸含量能显著地提高幼虫对食物的利用，从而加速了幼虫体内营养物质的积累和转化。相反，添加

表 4　几种含氮物对幼虫生长发育的作用

添加成分	测试虫数（头）	幼虫历期（天）	化蛹率（%）	羽化率（%）	羽化后成虫平均体重(毫克)
猪肝：蔗糖 5:2 (K)	50	21.8±1.6	42		11.9±2.0
K + 12.5% 酵母 (A)	101	14.0±1.3	94	95.5	16.9±2.6
K + 12.5% 蛋黄 (B)	25	17.6±1.9	92	87.0	17.0±3.8
K + 12.5% 酪蛋白 (C)	50	14.0±1.4	94	97.8	18±3.7
A + 4.8% 猪血蛋白水解物	25	16.1±1.7	80	93.8	18.5±3.7
A + 4.8% 酪蛋白水解物	25	13.7±0.7	100	95.0	22.1±3.2
A + 4.8% 酵母水解物	65	11.8±1.4	93.8	93.8	22.4±3.2

某些未水解的含氮物幼虫则不能吸收、利用。但是如果把添加酵母水解物的含量进一步提高到 9.6% 时，人工饲料的营养效果反而下降(表 5)，这表明人工饲料中的氨基酸含量增加过多时影响含氮物与其他营养成分的比例，破坏了平衡，产生有害的作用。

表 5　人工饲料中加入不同含量酵母水解物对幼虫生长的影响

添加水解物含量	测试虫数（头）	幼虫历期（天）	化蛹率（%）	羽化成虫平均体重（毫克）
对照 K	51	14.0±1.3	94.0	17.0±2.6
K + 4.8%	42	11.1±1.2	89.7	22.4±2.8
K + 9.6%	42	12.2±1.7	42.9	22.4±3.5

3. 脂类物质的作用　昆虫生长发育过程中需要某些不饱和脂肪酸，我们见到饲料中不添加时，影响幼虫的生长发育，如难以脱皮，并常常在脱皮前或脱皮过程中死亡。取食这种人工饲料的幼虫觅食不活跃，3—4 龄幼虫死亡率高，而且羽化后部分成虫展翅不良，有的成虫难以脱去蛹壳，个别的呈畸形。

表 6 列举不同植物油对各龄幼虫成活的作用，表中可以看到它们的影响各不相同。饲料中添加花生油、玉米油和菜籽油对幼虫的成活率影响不明显，幼虫的化蛹率大体上仍在 50% 左右，而添加豆油、麦胚油和芝麻油对幼虫成活率作用显著，能提高 3—4 龄幼虫的成活率，最终使幼虫化蛹达到 80% 以上，其中以豆油和麦胚油的作用最明显，化蛹率可达 90% 以上。幼虫取食含有这些植物油的饲料生长发育良好，不存在脱皮困难和成虫展翅不良的现象，一切由于缺脂所产生的有害症状都消失了。此外，还观察到当饲料中添加豆油、麦胚油和芝麻油后，幼虫生长发育整齐，取食次数增加，然而幼虫的平均体重并不增加，仅仅是各龄幼虫成活率明显增加。 图 2 列举植物油中所含的几种主要脂肪酸对幼虫

表 6 人工饲料中添加不同植物油对瓢虫幼虫成活率的影响

饲料中添加的植物油种类	供试虫数（头）	不同龄期成活率(%)				幼虫化蛹率(%)	成虫羽化率(%)
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄		
对照	50	91.5	91.5	70.2	51.1	51.1	73.0
花生油	50	83.3	77.1	64.6	52.1	52.1	88.0
玉米油	50	100.0	87.8	79.6	55.1	55.1	77.8
菜籽油	50	80.9	76.6	72.3	61.7	61.7	93.0
芝麻油	50	96.0	94.0	94.0	84.0	84.0	92.9
麦胚油	51	100.0	100.0	100.0	92.2	92.2	91.4
豆油	51	100.0	100.0	100.0	94.1	94.1	95.8

注：植物油使用的浓度均为 1%。

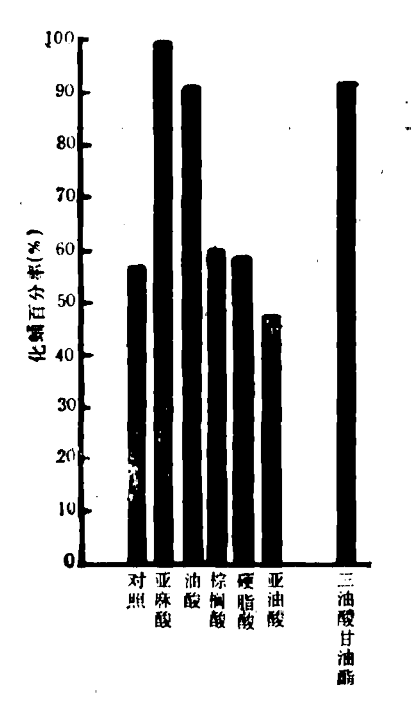


图 2 几种脂肪酸对七星瓢虫幼虫化蛹率的影响

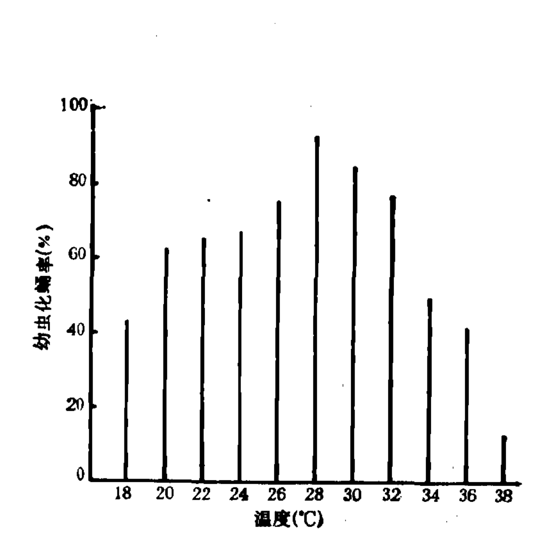


图 3 不同温度对七星瓢虫幼虫化蛹率的影响

化蛹率的影响，表明在饲料中加进含量为 0.5% 的不同脂肪酸对幼虫生长期的存活率的影响各不相同，其中以幼虫取食含有 18 碳不饱和脂肪酸的亚麻酸和油酸幼虫化蛹率最高，在 90% 以上，而以亚油酸的效果最差，它的化蛹率低于对照组，似乎对幼虫生长发育有某种抑制作用，如果在幼虫的饲料中加入亚麻同亚油酸等量混合物其幼虫化蛹率亦受到抑制，而幼虫取食含有三油酸甘油脂的人工饲料其化蛹率仍在 90% 以上。可能所用的亚油酸含有抑制取食的杂质之故。由此可见，豆油、麦胚油、芝麻油对幼虫存活的影响可能是由于这些不饱和脂肪酸的作用，它们对捕食性瓢虫幼虫的营养是必不可少的因素。

4. 温度的影响 图 3 所示结果表明生长在 28℃和 30℃两个温度的幼虫化蛹率最高，各龄幼虫死亡率最低，28℃ 条件下取食人工饲料的幼虫化蛹率可达 91.7%，证明此时幼

虫对饲料的取食利用显然较其他温度好。

讨　　论

实验结果表明，人工饲料中加入亚麻酸或油酸后幼虫取食次数增加，生长发育速度明显加快，可见脂类物质对瓢虫幼虫有助食效应，这一点在成虫人工饲料的研究中已得到证实（陈志辉等，1984）。昆虫的食物中需要脂类物质，在幼虫阶段更是如此（Reinecke，1985），作者等认为饲料中加入脂类物质后能促进幼虫取食和提高食物利用。由于各龄幼虫食量增加，从而使其营养需要得到满足，故成活率显著增加，生长发育明显改善。脂类物质的助食效应和促进生长在某些鳞翅目昆虫、蝗虫、甲虫类等已证实（忻介六，1979；Earle，等 1967；Mehrotar 等，1972；McFarlane，1985）。

饲料加入酪蛋白水解物或酵母水解物对幼虫产生明显的营养效应，未水解的蛋白质则无此作用，表明幼虫能更好地吸收利用氨基酸或多肽，很少吸收利用未水解的蛋白质，这可能同幼虫缺乏某些相应的消化酶有关。七星瓢虫这一特点，可能是长期适应、选择食物的结果，因为无论是成虫还是幼虫要在短短的几天内使自身体重迅速增加，必须拥有更有效的食物利用手段，而食物中的氨基酸、易于被吸收利用和转化。从人工饲料营养成分的总体来看，增补了脂类、氨基酸后，营养成分趋向平衡，有利于幼虫对食物的摄取和利用。

参　考　文　献

陈志辉等　1980　食料对七星瓢虫取食和生殖的影响。昆虫学报 **23**(2)：141—8。

陈志辉　傅贻玲　1981　几种蚜虫的氨基酸。昆虫学报　**24**(3)：338—9。

陈志辉　钦俊德　1982　代饲料中水分对七星瓢虫的营养效应。昆虫学报 **25**(2)：141—6。

傅贻玲　陈志辉　1982　人工饲料某些成分对七星瓢虫产卵的影响。昆虫学报 **25**(3)：335—8。

陈志辉　钦俊德　1984　人工饲料中添加脂类和粘虫保幼激素类似物对七星瓢虫取食和生殖的影响。昆虫学报 **27**(2)：136—46

河南省安阳县农业局、北京大学生物系　1979　七星瓢虫的利用。59—64 页。农业出版社。

忻介六等　1979　昆虫、螨类、蜘蛛的人工饲料。3—16 页。科学出版社。

Atallah, Y. H. et al. 1966. Ecological and nutritional studies on *Coleomegilla maculata* De Geer (Coleoptera: Coccinellidae). I. the development of an artificial diet and a laboratory rearing technique. *J. Econ. Entomol.* 59: 1173—76.

Earle, N. W. et al. 1967. Essential fatty acid in the diet of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman *J. Insect. Physiol.* **13**: 187—200.

Mehrotar, K. N. et al. 1972. Phagostimulants for locusts: studies with edible oils. *Ent. exp et appl.* 15: 208—12.

McFarlane J. E. et al. 1984. Studies on the group effect in *Acheta domesticus* (L) using artificial diets. *J. Insect Physiol* **30**(2): 103—7.

McFarlane J. E. 1985. Influence of sex and dietary fat on the group effect in larvae of *Acheta domesticus* (L) *J. Insect physiol.* **31**(5): 379—82.

Matsuka, M. D. et al. 1972. Rearing some coccinellids on pulverized drone honeybee brood. *Bull. Fac. Agri., Tamagawa Univ.* **12**: 28—38.

Matsuka, M. D. et al. 1977. Nutritional studies of an aphidophagous coccinellid *Harmonia axyridis* 11. Significance of minerals for larval growth. Appl. *Ent. Zool.* **12**(4): 325—9.

Matsuka, M. D. et al. 1982. Longevity and oviposition of vedalia beetles on artificial diets. *Environ. Entom.* **11**(4): 816—9.

Keiko Niijima 1979. Further attempts to rear coccinellids on drone powder with field observation. *Bull. Fac. Agri., Tamagawa Univ.,* 19: 7—12.

Okada, I., H. et al. 1971. An artificial rearing of a coccinellid beetle, ***Harmonia axyridis*** Pallas on lyophillized drone honeybee brool. *Bull. Fac. Agric. Tamagawa Univ.* 11: 91—7.

Okada, I., H. et al. 1972. Successive artificial rearing of a coccinellid beetle, *Harmonia axyridis* Pallas on lyophilized drone honeybee brood. *Bull. Fac. Agric., Tamagawa Univ.* 12: 39—47.

Reinecke J. P. 1985. Nutrition: Artificial Diets. Comprehepnsive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology 4: 391—390.

Chu Y. I. and T. F. Hsueh 1976. The rearing of two aphidophagous coccinellid beetle, *Lemnia swinhoei* and *Menochilus sexmaculatus*. *Plant Protection Bulletin*, 18: 58—74.

EFFECTS OF ALTERING COMPOSITION OF ARTIFICIAL DIETS ON THE LARVAL GROWTH AND DEVELOPMENT OF *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA*

Chen Zhi-hui Qin Jun-de Shen Chun-lin

(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing*)

The effects of altering the composition of oligidic diets and temperature on the growth and development of the larvae of lady beetle *Coccinella septempunctata* were investigated. Experimental results showed that the pupation rate reached about 90% when the larvae were fed with an artificial diet composed of fresh pork liver homogenate and sucrose enriched by suitable lipids, The larval stage was shortened and the survival rate in the late instars increased. The effective lipid components were vegetative oils including olive oil and soybean oil in porportion of 0.1% and 1% of the diet respectively. Similar results were obtained when pure oleic and linolenic acids were used which seems to be indispensable in the nutrition of the larvae.

It was determined that the concentration of free amino acids in the artificial diet was lower than that in the natural prey (aphids) of the larvae, but the diet contained higher level of total protein, which, however, seemed to be not well utilized by the larvae. Adding yeast hydrolysate into the artificial diet could improve the growth rate and survival of the larvae considerably though adding yeast powder had less effect. In the temperature range from 20°to 38°C the highest survival and pupation rates were obtained when it was 28°C. By altering the composition of the oligidic diets designed for adult beetles and adjusting the rearing temperature it is possible to rear the larvae with results comparable well with that on their natural prey.

Key words *Coccinella septempunctata*——artificial diet——larval development——nutrition——temperature effect